

Наряду с измерениями удельной мощности разряда проводились измерения электронной и газовой температуры разряда. Изменение электронной и газовой температуры плазмы разряда в зависимости от концентрации воздуха имеют аналогичный характер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shamanin I. V. , Karengin A. G. , Karengin A. A. , Novoselov I. Y. , Poberezhnikov A. D. , Alyukov E. S. Plasmachemical synthesis and the assessment of the thermal conductivity of fuel compounds «UO<sub>2</sub>–MgO» // AIP Conference Proceedings. - 2019 - Vol. 2101, Article number 020017. - p. 1-6.

### СПОСОБ СОЗДАНИЯ НЕОДНОРОДНО НАВОДОРОЖЕННОЙ СИСТЕМЫ ВОДОРОД-МЕТАЛЛ

Ш. Сюй, В.В. Ларионов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [isxusp@gmail.com](mailto:isxusp@gmail.com)

Исследование процессов наводороживания материалов приобретает всё большую актуальность вызванную проблемами хранения и извлечения водорода из различных материалов. При извлечении водорода особое значение приобретает процесс миграции водорода в таких материалах, так как при высоких концентрациях образуются трудно извлекаемые по водороду гидриды.

Целью настоящей статьи является разработка способа создания неоднородно наводороженной системы водород- металл в условиях значительного градиента концентрации водорода. Одновременно предложен метод измерения термоэдс в качестве альтернативного метода неразрушающего анализа наводороженных материалов.

Для создания неоднородности концентрации водорода предварительно на большую часть пластины (9/10) из технического титана VT1-0 напыляли пленкой TiN методом магнетронного напыления. Толщину пленки подбирали экспериментально так, чтобы водород не проникал вглубь пластины при наводороживании по методу Сивертса. Оптимальная толщина оказалась равной от 1,5 до 2,6 мкм. После напыления образец наводороживали, создавая, таким образом, существенный градиент концентрации водорода в материале. Наводороживали образцы титановой пластины размером 100 × 20 × 1 мм. Количество введенного водорода оценивалось на приборе LECO. Для оперативного контроля изменения количество водорода по длине пластины измеряли термоэдс в зависимости от координаты положения зонда до и после насыщения пластины водородом. Термоэдс измеряли на установке с электродом из золота. Для калибровки определяли термоэдс Cu (1,8 мкВ/К), Pt (-5,3 мкВ/К) относительно Ag (термоэдс 1,5 мкВ/К) [1]. Отличие термоэдс с плёнкой TiN и без плёнки до наводороживания достигает значения более 0,18 мВ. Величина термоэдс изменяется во времени и зависит от координаты зонда. Обсуждена связь между величиной термоэдс и концентрацией водорода в пластине. Относительное изменение термоэдс S определяется по формуле:

$$\frac{\Delta S}{S_0} = \frac{3\pi^2 \hbar Q}{e^2 k_F^2 \rho} \left( \frac{\Delta x}{x} - 1 \right), \quad (1)$$

где:

$$x = -\frac{k_F}{2} \left( \frac{d \ln \rho_0}{dk} \right)_{k=k_F} \quad (2)$$

$$\Delta x = -\frac{k_F}{2Q} \left( \frac{dQ}{dk} \right)_{k=k_F} - 1.$$

В формулах  $Q$  - транспортное сечение рассеяния электронов на дефекте,  $k_F$  - волновой вектор на поверхности Ферми,  $\rho$  - удельное сопротивление металла,  $e$  - заряд электрона,  $h$  - постоянная Планка. Это значение зависит от величины транспортного сечения рассеяния  $Q$  электронов на дефекте, удельного сопротивления наводороживаемого титана, т.е. от количества дефектов и формы этого сечения. Как следует из формулы (1) величина  $\Delta S/S$  определяется значением  $\Delta x/x$ , сечением рассеяния  $Q$  и возможной сменой знака производной  $dQ/dk$ , вызванной наличием дефектов. Плотность дислокаций  $N_d$  определяли по формуле (3) по уширению дифракционных максимумов:

$$N_d = \pi \beta^2 \text{ctg}^2 \Theta / 16b^2, \quad (3)$$

где  $\beta$  - уширение рентгеновских линий, обусловленное микродеформацией решетки,  $\Theta$  - угол, соответствующий максимуму рентгеновской линии,  $b$  - вектор Бюргерса. В зависимости числа дефектов от весового  $w_i$  содержания водорода в сплаве титана наблюдается три области (0.01–0.05) wt%, (0.5–0.14) wt% и 0.14–0.24 wt% при которых происходит изменение характера наводороженности образца. Из сопоставления с измерениями методом электронно-позитронной аннигиляции следует идентичный характер зависимостей с характерной точкой перегиба в области концентрации водорода равной wt, % = 0.05 для термоэДС и наблюдается хорошее совпадение значений ЭПА и  $N_d$ . Обнаруженный эффект можно использовать для оценки накопления водорода в металлах в условиях перехода металла из одного состояния в другое, а также в целях контроля состояния системы водород-металл. Данный способ может быть внедрен для лабораторного и промышленного контроля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lider A.M., Larionov V.V., Syrtanov M.S. Hydrogen concentration measurements at titanium layers by means of thermo-EMF // Key Engineering Materials. 2016. Vol. 683. P. 199-202.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ УРАНА И НИТРАТОВ В ДВИЖУЩИХСЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРАХ

С.В. Троеглазов, Л.И. Дорофеева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [svt16@tpu.ru](mailto:svt16@tpu.ru)

В настоящее время для определения концентрации урана и нитратов используются традиционные электрохимические методы, реализованные в стационарных лабораторных условиях, требующие значительных затрат времени с момента отбора пробы до получения результата. При этом традиционные методы [1–3] не лишены, в известной мере, недостатков, как по метрологическим характеристикам, так и в сложности реализации, поэтому разработка метода экспресс-анализа массовой доли урана и нитратов непосредственно в технологическом потоке является актуальной.